

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2012/2013

**ESTUDO ENERGÉTICO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE
CONSERVADORES HORIZONTAIS**

TIAGO SOARES PINHEIRO

Dissertação submetida para obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Presidente do Júri: Belmira de Almeida Ferreira Neto
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Orientador académico: Fernando Gomes Martins
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de
Engenharia da Universidade do Porto

Orientador na empresa: Nélson Alexandre Borges de Jesus
Engenheiro Técnico da Fricon



julho de 2013

Agradecimentos

À minha família, por todo o apoio e paciência ao longo destes 5 anos, que contribuíram para o meu crescimento pessoal e que fizeram de mim a pessoa que sou hoje.

Aos meus amigos, em especial àqueles que estiveram comigo nos bons e nos maus momentos, e que me acompanharam durante esta jornada, nunca me negando ajuda, fosse qual fosse a situação.

Aos orientadores da dissertação, o professor Fernando Martins e o engenheiro Nélson Jesus, por toda a dedicação e todo o apoio demonstrado ao longo da realização da tese.

À Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto por proporcionar-me tudo aquilo de que precisei ao longo destes anos, assegurando sempre os padrões de qualidade que a caracterizam.

À FRICON e a todo o pessoal que constitui a empresa, pelo apreço e disponibilidade demonstrados durante o estágio, tornando-o uma experiência bastante enriquecedora a todos os níveis.

Resumo

Na presente dissertação realizou-se um estudo energético centrado no processo de produção de um equipamento de frio fabricado na FRICON. Começou-se por apresentar um enquadramento global do tema, onde se abordaram temáticas relacionadas com a eficiência energética, nomeadamente a intensidade energética e carbónica a nível mundial e nacional, a repartição da utilização da energia pelos diferentes setores de atividade e, por fim, a legislação atualmente vigente em Portugal nesta área. O principal objetivo do trabalho foi alcançado, visto ter-se sugerido propostas de melhoria relativas ao processo de produção que conduziram a reduções nos custos de energia elétrica inerentes, conseguindo-se também uma redução das emissões indiretas de CO₂ associadas. Através da realização do estudo energético reuniu-se, com elevado detalhe, as operações envolvidas durante o desenvolvimento do processo de produção, identificando-se os consumos elétricos de cada operação, através da medição dos tempos de operação e das potências das máquinas necessárias. De uma forma genérica, verificou-se que a distribuição dos consumos elétricos é homogénea nas etapas de chaparia, serralharia, plásticos, pintura e secagem, sendo que as percentagens de consumo em relação ao consumo total são de 24,5%, 23,7%, 25,8% e 21,8%, respetivamente. Verificou-se que a linha de montagem apresenta consumos elétricos significativamente baixos, em comparação às etapas mencionadas anteriormente, representando cerca de 4,1% do total dos consumos elétricos envolvidos no processo. O valor final obtido em relação ao consumo elétrico por unidade produzida foi de 48,6 kWh, com uma emissão indireta de CO₂ associada de 11,1 kg.

Após a conclusão do levantamento energético exaustivo do processo de produção, foi possível equacionar possíveis melhorias que pudessem conduzir a reduções nos consumos de energia elétrica. Desta forma sugeriram-se duas propostas de melhoria, nomeadamente a alteração do período de laboração da estufa de pintura e secagem, passando a operar em horário noturno, e a eliminação das horas de *stand-by* na operação de corte de chapa. A alteração do período de laboração da estufa de pintura e secagem permite obter uma poupança anual para a empresa de cerca de 3371 €, representando cerca de 28% de redução de custos nesta etapa. Em relação à proposta de eliminação das horas de *stand-by* na operação de corte de chapa, verificou-se que esta implicaria uma redução de custos de cerca de 19%, passando de um custo mensal associado a esta operação de 108 € para 87 €.

Abstract

Within this thesis, it is proposed to perform an energy study, focused on the process of production of a cold equipment manufactured in a company named FRICON. Initially it was presented an overall framework of the topic, introducing the issues related to energy efficiency, including energy and carbon intensity, in global and national scale, the distribution of energy use by different sectors of activity and, finally, current legislation in this area in Portugal. The main goal of this thesis was achieved, since it was presented improvement proposals that led to reductions in electricity costs of the production process, and also an indirect CO₂ emissions reduction. Through the study it was collected consumption data with high detail for all operations involved during the development of the production process, identifying the electrical consumption of each operation, by measuring the times of operation and the respective energy consumption. The electrical consumption's distribution is homogeneous in the steps of plating, locksmithing, plastics, paint and drying, with percentages of consumption of 24.5%, 23.7 %, 25.8% and 21.8%, respectively. Only in the assembly line the electrical consumptions were significantly low compared to the steps referred above, representing about 4.1% of total electrical consumption involved. The final value obtained to the electricity consumption per unit of output was 48.6 kWh, with indirect CO₂ emissions associated about 11.1 kg.

After the conclusion of this energy study, it was possible to propose possible improvements that could lead to reductions in electricity consumption. The two proposals are: i) changing the period of operation of kiln drying and painting, working only in night shifts, and ii) the elimination of stand-by hours in the operation of cutting metal. For the first proposal, the company achieves annual savings about € 3 371, representing about 28% cost reduction in this step. For the second proposal, by eliminating the stand-by hours in the operation of cutting metal, the company obtains a reduction of monthly costs about 19%, reducing the costs associated in this step from 108 € to 87 €.

Índice Geral

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Intensidade carbónica	5
1.3	Legislação nacional.....	7
1.4	Objetivo e Motivações	10
1.5	Contributos do Trabalho	11
1.6	Organização da Tese	11
2	Análises Energéticas.....	13
2.1	Introdução.....	13
2.2	Análises Energéticas na Indústria	13
2.3	Medidas de Utilização Racional de Energia	19
2.3.1	Tecnologias de Processo	19
2.3.2	Tecnologias Energéticas	19
3	Metodologia de Trabalho	23
3.1	Objeto de Estudo	23
3.2	Metodologia.....	24
4	Descrição Técnica e Resultados.....	27
4.1	Descrição da Empresa	27
4.2	Descrição do processo fabril.....	28
4.2.1	Fabrico de matéria-prima	28
4.2.2	Linha de montagem	34
4.3	Levantamento energético do processo de produção	38
5	Oportunidades de Melhoria	47
5.1	Operação da estufa de pintura e secagem em horário noturno	48
5.2	Eliminação das horas de <i>stand-by</i> no corte de chapa.....	50
6	Conclusões	53
7	Referências	55

Índice de Figuras

<i>Figura 1 - Intensidade Energética da União Europeia (25 Países) [4].....</i>	<i>3</i>
<i>Figura 2- Intensidade Energética de Portugal [4].....</i>	<i>3</i>
<i>Figura 3 – Intensidade Carbónica [4]</i>	<i>5</i>
<i>Figura 4 – Energia final por Sector de Atividade [10].....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 5 – Estrutura típica de um relatório de uma auditoria</i>	<i>16</i>
<i>Figura 6 – Principais etapas de uma Auditoria Energética</i>	<i>18</i>
<i>Figura 7 – Conservador horizontal para supermercados [21].....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 8 – Fluxograma das etapas da metodologia de trabalho.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 9 – Vista aérea da Empresa [21]</i>	<i>28</i>
<i>Figura 10 – Máquina de corte de chapa</i>	<i>29</i>
<i>Figura 11 – Visão geral da etapa de serralharia</i>	<i>29</i>
<i>Figura 12 – Fabrico do condensador</i>	<i>30</i>
<i>Figura 13 – Fabrico do aro de ferro para o compressor</i>	<i>30</i>
<i>Figura 14 – Visão geral da etapa de pintura e secagem</i>	<i>31</i>
<i>Figura 15 – Encaminhamento das grelhas para a estufa de secagem.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 16 – Máquina para processos de extrusão.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 17 – Máquina para processos de injeção</i>	<i>32</i>
<i>Figura 18 – Máquina para processos de termoformação</i>	<i>33</i>
<i>Figura 19 – Punçunadora utilizada no processo de fabrico.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 20 – Processo de quinagem</i>	<i>35</i>
<i>Figura 21 – Montagem do tanque interior</i>	<i>35</i>
<i>Figura 22 – Processo de enrolamento do tubo de cobre</i>	<i>36</i>
<i>Figura 23 – Processo de enchimento com poliuretano.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 24 – Montagem da base com os componentes necessários.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 25 – Teste de fim de linha.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 26 – Zona de embalamento</i>	<i>38</i>
<i>Figura 27 – Consumos na secção de Chaparia.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 28 – Consumos na secção de Serralharia.....</i>	<i>41</i>

<i>Figura 29 – Consumos na secção de Plásticos</i>	<i>42</i>
<i>Figura 30 – Consumos na Linha de Montagem</i>	<i>43</i>
<i>Figura 31 – Distribuição de consumos por secção de fabrico</i>	<i>46</i>
<i>Figura 32 – Esquema geral do processo e principais indicadores</i>	<i>46</i>

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Condições das auditorias de acordo com o Decreto-Lei nº71/2008.....	9
Tabela 2 – Tipos de processamento de plásticos para cada componente.....	33
Tabela 3 – Principais resultados na secção de Chaparia.....	39
Tabela 4 – Principais resultados na secção de Serralharia.....	40
Tabela 5 – Principais resultados na secção de Pintura e Secagem.....	41
Tabela 6 – Principais resultados na secção de Plásticos.....	42
Tabela 7 – Principais resultados da linha de montagem.....	43
Tabela 8 – Consumos das operações e respetivas emissões de CO ₂ associadas.....	44
Tabela 9 – Consumos obtidos por secção e respetiva emissão de CO ₂ associada.....	45
Tabela 10 – Tarifas diárias de energia elétrica.....	47
Tabela 11 – Pressupostos utilizados para a estimativa de custos.....	47
Tabela 12 – Custos de energia elétrica para o caso atual.....	48
Tabela 13 – Custos de energia elétrica para o cenário 1.....	49
Tabela 14 – Custos de energia elétrica para o cenário 2.....	49
Tabela 15 – Dados relativos ao corte de chapa.....	50
Tabela 16 – Custos associados ao corte de chapa.....	51

1 Introdução

Neste capítulo apresenta-se um enquadramento do tema do trabalho realizado numa perspetiva global, onde se aborda tanto a temática da intensidade energética como carbónica, a repartição da utilização da energia por cada setor de atividade de Portugal, e por fim é explicada, de forma sucinta, a legislação nacional que é aplicada atualmente ao tema da eficiência energética em Portugal. São indicados, também, os objetivos que estiveram presentes no desenvolvimento do trabalho, bem como as motivações que justificaram a realização do mesmo. Descreve-se, ainda, a estrutura da tese, bem como o trabalho desenvolvido durante o estágio.

1.1 Enquadramento

Atualmente a sociedade apresenta-se fortemente dependente da energia retirada dos derivados do petróleo, que se torna assim a fonte de energia mais utilizada mundialmente. Este tema tem levado diversos países a tomar medidas não só para combater a dependência do petróleo através da procura de fontes alternativas, mas também através da implementação de metodologias e instrumentos de mercado (acordos voluntários, selos, informações, etc...). Estes instrumentos apresentam um carácter nacional ou internacional e conduzem ao uso racional de energia e respetiva redução de consumos em prol da eficiência energética e do desenvolvimento sustentável.

Assim sendo, torna-se imperativo caminhar no sentido de alterar a matriz energética mundial, o que devido a características históricas das matrizes energéticas é uma mudança extremamente lenta. As últimas alterações expressivas na matriz energética mundial aconteceram depois da primeira grande crise do petróleo, em 1973, sendo que após essa data os países desenvolvidos começaram a apostar em grande escala na construção de centrais nucleares. Esta opção foi fortemente criticada, e encarada com bastante incerteza após os acidentes nos Estados Unidos, em Three Mile Island, e na Ucrânia, em Chernobyl. No entanto, voltam a estar atualmente em cima da mesa devido à crescente necessidade em reduzir a emissão de gases de efeito de estufa [1].

As questões ambientais, nomeadamente as alterações climáticas resultantes da emissão excessiva de gases de efeito de estufa, estão na ordem do dia e é sabido que

uma parte das emissões desses gases resultam da combustão de combustíveis fósseis. Sendo os combustíveis fósseis constituídos quimicamente por carbono, durante a reação de combustão são libertadas grandes quantidades de dióxido de carbono, que constitui o principal gás de efeito de estufa [2].

Importa também realçar que o choque petrolífero em que vivemos, provocado pela excessiva procura, tem levado a um aumento progressivo dos preços da energia e a pressão exercida por países em forte desenvolvimento como a China ou o Brasil tem sido decisiva no processo de fixação de preços [2].

Nos países em desenvolvimento, a questão da eficiência energética é igualmente importante, embora os seus motivos não sejam os mesmos dos países industrializados. A atenção dada a questões ambientais como a emissão de gases de efeito de estufa e a poluição local é menor, ao passo que os investimentos em infraestruturas para o fornecimento de energia e a sua utilização mais eficiente são frequentemente prioritários [3].

A eficiência energética é avaliada com base no conceito de intensidade energética, que é um indicador que relaciona o consumo total de energia primária de um país com o seu Produto Interno Bruto (PIB) [3]. O objetivo é que este valor seja o mais baixo dentro do possível, visto que ser-se eficiente no domínio da energia consiste em criar riqueza com o mínimo consumo de energia possível, aproximando para cada tipo de utilização e conforme as disponibilidades tecnológicas, a quantidade de energia final consumida à energia útil necessária a cada atividade.

Este indicador é largamente utilizado para monitorizar o grau de eficiência da utilização da energia e ajuda na tomada de decisões, sendo que existem diversos fatores que podem influenciar este valor, que nada têm a ver com a eficiência energética, como por exemplo mudanças na estrutura de um país ou mudanças na sua estrutura energética [3].

Nos últimos anos, tem havido um declínio médio constante da intensidade energética a nível europeu, conforme é apresentado na Figura 1, contribuindo para uma economia generalizada de energia.

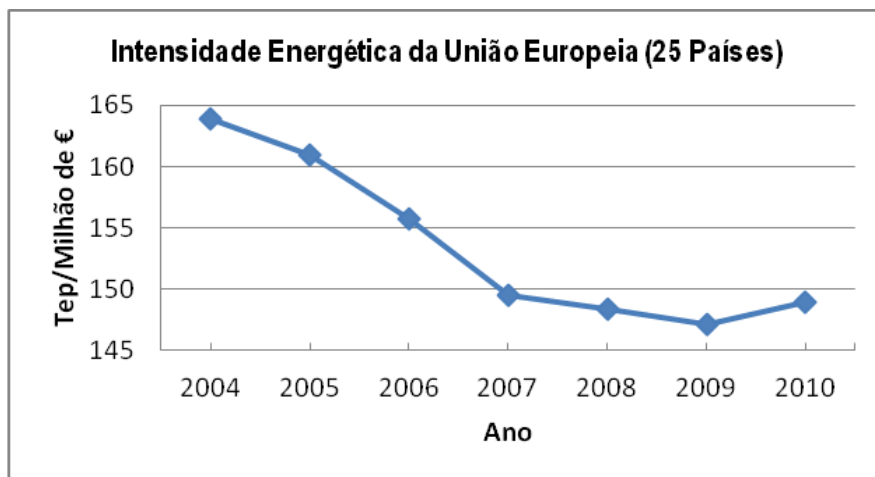


Figura 1 - Intensidade Energética da União Europeia (25 Países) [4]

No caso de Portugal o mesmo não se verifica. De acordo com a Figura 2 verifica-se que a intensidade energética de Portugal apresenta uma irregularidade bastante elevada, com valores significativamente superiores aos da média da União Europeia, sendo que a tendência é também a de uma diminuição progressiva ao longo dos últimos anos.

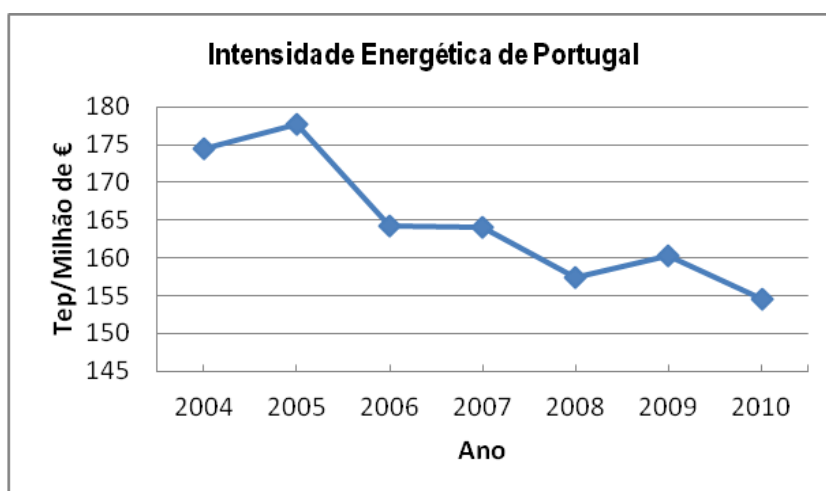


Figura 2- Intensidade Energética de Portugal [4]

Inevitavelmente, estes valores elevados de intensidade energética indicam que Portugal apresenta-se como um país pouco eficiente no capítulo da energia, tornando-o pouco competitivo. Isto ainda é ainda mais grave por se tratar de um país que, como é sabido, é um país pobre a nível de recursos energéticos de origem fóssil, originando

uma importação anual de petróleo bastante elevada. Assim sendo, o país tem que se apoiar maioritariamente no exterior para obter a energia necessária à sua atividade, originando, também, uma elevada taxa de dependência externa de energia, taxa esta que reflete a parcela de energia fornecida à economia que é importada.

De facto, esta forte dependência energética do exterior traduz-se num dos problemas mais graves que Portugal enfrenta nos dias de hoje, num contexto de energia cada vez mais cara, constituindo também uma das principais causas da crise geral que tem afetado a economia e a sociedade portuguesa. Por esta razão, torna-se essencial contrariar a atual dependência do exterior, também pelo facto desta procura de energia representar um fator de elevado peso nas importações portuguesas [5].

As importações de energia elétrica e de combustíveis fósseis constituem uma parte importante do consumo energético em Portugal, o que tem motivado recentemente a um investimento forte no setor das energias renováveis, tendo-se já verificado algumas melhorias no saldo da Balança Comercial Portuguesa, devido ao facto de as importações de energia terem decrescido [5].

Percebe-se, desta forma, a importância de estudar e prever o futuro de Portugal ao nível da energia, para se poder ter condições para aferir quanto às decisões que podem estar a ser tomadas. Uma das soluções que mais importância merece é a utilização de energias renováveis, que tem sofrido um aumento significativo na última década em Portugal, visto que o país apresenta condições bastante aceitáveis para uma eficaz exploração destes recursos, contrariamente ao que se passa com os combustíveis fósseis [6].

A maior parte dos empresários continua com a ideia de que o crescimento económico implica necessariamente um aumento dos consumos energéticos. No entanto, o conceito de utilização racional de energia vem alterar significativamente a forma de encarar a energia, demonstrando ser possível aumentar de forma aceitável o crescimento de uma empresa, sem aumentar os consumos, ou tão pouco afetar a qualidade de produção. Logo na fase de projeto das instalações e dos meios de produção de uma empresa, deve começar a gestão da energia, levando em consideração, por exemplo, a escolha de equipamentos e formas de energia a consumir [7].

De facto, a otimização da utilização da energia tem-se assumido como um fator crucial no planeamento das empresas, sendo que já é reconhecido que a redução dos custos energéticos é imperativa para se conseguir ser competitivo no mercado atual [2].

Este trabalho surge nesta perspetiva de economia generalizada de energia que se apresenta como um aspeto cada vez mais levado em conta por parte das empresas atualmente. Na secção 1.5 apresentam-se as motivações e os objetivos que levaram à realização deste trabalho.

1.2 Intensidade carbónica

Tal como tem vindo a ser referido, a economia Portuguesa é caracterizada por apresentar uma intensidade energética elevada e uma dependência de importação também bastante elevada no que toca ao consumo de energia primária. Mas, além destes dois indicadores que merecem atenção, existe também um outro indicador que não pode ser esquecido e que está perfeitamente relacionado com os anteriores, que é a intensidade carbónica.

A intensidade carbónica é medida pelo quociente entre o valor das emissões de gases de efeito de estufa resultantes da utilização das várias formas de energia e o PIB [8].

Tanto em Portugal como a nível europeu, a intensidade carbónica tem vindo a decrescer significativamente nos últimos anos, como se apresenta na Figura 3, no entanto a emissão excessiva de CO₂ e de outros gases com efeito de estufa é uma das principais consequências da falta de eficiência no consumo de energia obtida da queima de combustíveis fósseis.

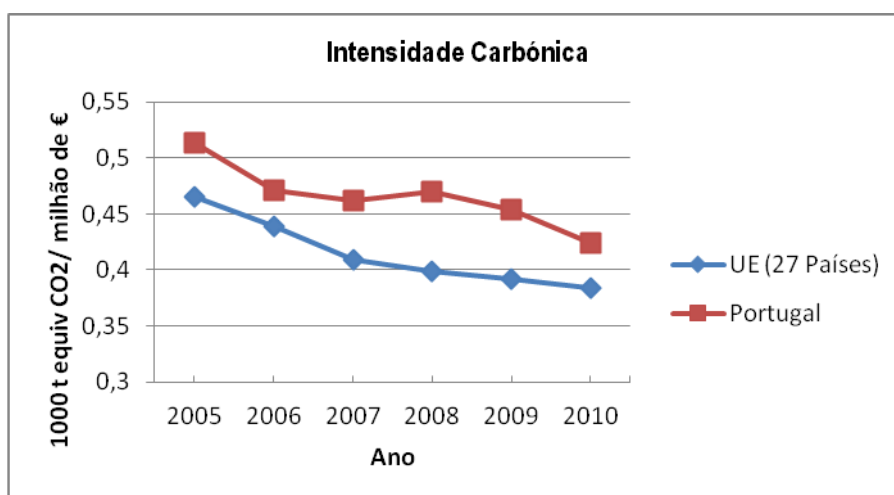


Figura 3 – Intensidade Carbónica [4]

De facto, cerca de dois terços do total das emissões de Gases de Efeito de

Estufa (GEE) em Portugal, são provenientes de processos de conversão e utilização da energia. Dado que a energia é repartida pelos vários sectores de atividade, torna-se imperativo aplicar medidas que conduzam à melhoria da sua eficiência energética no geral, por forma a diminuir os consumos energéticos e, naturalmente, o nível das emissões dos GEE que lhe são inerentes [9].

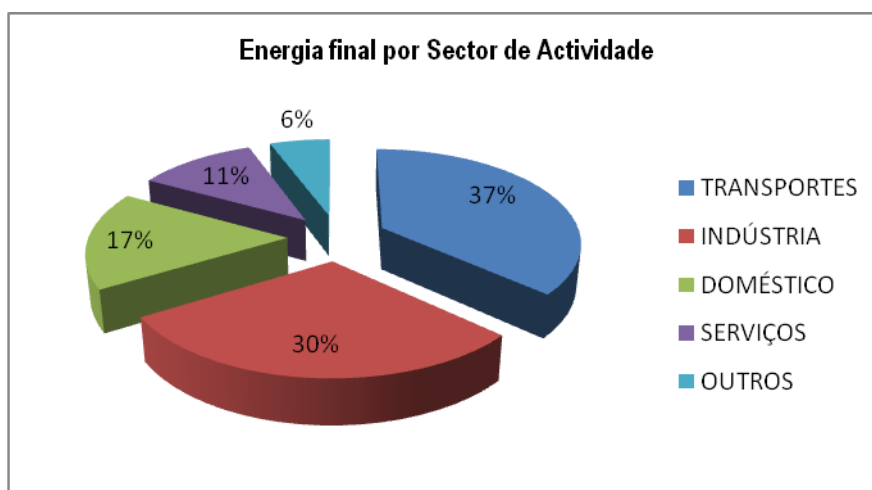


Figura 4 – Energia final por Sector de Actividade [10]

Pela análise da Figura 4 verifica-se que o sector industrial é um dos sectores de atividade com maior consumo de energia em Portugal, representando cerca de 30% do consumo total de energia. Posto isto, é importante que as indústrias entendam a necessidade de consumir menos energia por unidade de riqueza gerada, visto que uma redução dos consumos, associada a uma diminuição da riqueza gerada ou do volume de produção, não traz nenhuma melhoria. Torna-se, por isso, necessária uma forte divulgação das políticas de eficiência energética junto da economia real, para evitar que as leis não tenham qualquer consequência prática [2].

Assim sendo, o conceito que deve estar sempre presente é o de desenvolvimento sustentável, garantindo uma menor dependência do exterior e uma redução da poluição do meio ambiente. Este conceito surgiu em finais do século XX, pela constatação de que o desenvolvimento da economia tem obrigatoriamente de levar em linha de conta o equilíbrio ecológico e a preservação da qualidade de vida das pessoas, a uma escala global. O desenvolvimento sustentável tem por base o princípio geral de que o Homem deve utilizar os recursos naturais de acordo com a capacidade de renovação desses recursos, de modo a evitar o seu esgotamento completo [11].

1.3 Legislação nacional

O Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética denominado “Portugal Eficiência 2015” foi aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008, de 20 de Maio e enumera as medidas destinadas a promover uma utilização racional de energia. Este documento apresenta um vasto conjunto de programas e medidas que são consideradas fundamentais para que Portugal possa alcançar os objetivos fixados na Diretiva n.º 2006/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril, relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos, que obriga cada Estado-Membro a publicar um plano de ação para a eficiência energética, estabelecendo nesse mesmo plano metas de, pelo menos, 1% de poupança de energia por ano até 2016 [12,13].

Este plano visa também a implementação de medidas políticas que regulamentem o consumo energético e as emissões dos gases com efeito de estufa, estimulando assim a aplicação de medidas tecnológicas que poupem energia, ao passo que salienta também a aplicação de medidas/desenvolvimentos tecnológicos com elevado potencial de poupança energética.

Em termos gerais, no âmbito do Plano, foram definidos 12 Programas abrangentes para atuar nas várias vertentes da eficiência energética, sendo que o objetivo principal das medidas implementadas é um aumento de 10% na eficiência energética global, ou seja, em todos os sectores da sociedade, até 2015, sendo que a meta atribuída ao sector energético é de 8% de redução de consumo energético. Na prática, a operacionalização do plano implica a criação de um Fundo para a Eficiência Energética e um acompanhamento eficaz e articulado com o Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC) [14].

O Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC,2006) visa um conjunto de políticas e medidas de aplicação sectorial, com vista ao cumprimento do Protocolo de Quioto. Este Programa foi organizado tendo em consideração dois tipos de medidas, nomeadamente as medidas de referência e as medidas adicionais. As primeiras integram o cenário de referência e consistem nas políticas e medidas já em vigor, ou adotadas a 1 de Janeiro de 2005, e com impacte na redução de emissões de GEE, enquanto que as medidas adicionais consistem nas medidas que foram adotadas após essa mesma data [8].

O PNAEE apresenta, tal como já referido, medidas relativas a todos os sectores de atividade, sendo que ao nível da indústria foi criado o Programa 7 denominado

Sistema de Eficiência Energética na Indústria com o objetivo de promover o aumento da eficiência energética por via da modificação dos processos de fabrico, da introdução de novas tecnologias e da mudança de comportamentos [15]. No âmbito deste Programa foi criado o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE) e o Programa para a Energia Competitiva na Indústria.

O SGCIE é regulamentado pelo Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de Abril, no âmbito da Estratégia Nacional para a Energia. Este Sistema tem o objetivo de definir quais as instalações consideradas Consumidoras Intensivas de Energia (CIE), promovendo a eficiência energética e monitorizando os consumos energéticos dessas instalações. É aplicado a instalações CIE que passam a ser definidas como as instalações que no ano civil imediatamente anterior tenham tido um consumo energético superior a 500 toneladas equivalentes de petróleo (500 tep/ano), com exceção das instalações de cogeração juridicamente autónomas dos respetivos consumidores de energia, alargando assim o âmbito de aplicação do anterior Regulamento (Regulamento de Gestão dos Consumos de Energia), a um maior número de empresas e instalações, com vista ao aumento da sua eficiência energética [12]. É também previsto no SGCIE que as instalações CIE realizem auditorias energéticas, conforme as condições apresentadas na Tabela 1, que incidam sobre as condições de utilização de energia e promovam o aumento da eficiência energética, incluindo a utilização de fontes de energia renováveis.

Tabela 1 – Condições das auditorias de acordo com o Decreto-Lei nº71/2008

Consumos energéticos	Periodicidade das auditorias	1ª Auditoria	Metas a atingir	A implementar nos primeiros 3 anos
≥1000 tep/ano	6 em 6 anos	Até 4 meses depois do registo	Redução de 6% da intensidade energética; Manutenção das emissões de CO2	Todas as medidas com retorno do investimento inferior a 5 anos
500 tep/ano até 1000 tep/ano	8 em 8 anos	Até 1 ano depois do registo	Redução de 4% da intensidade energética; Manutenção das emissões de CO2	Todas as medidas com retorno do investimento inferior a 3 anos

Com base nos relatórios das auditorias, devem ser elaborados, por técnicos especializados, Planos de Racionalização dos Consumos de Energia (PREn) que estabelecem acordos de racionalização desses consumos com a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) posteriormente submetidos para aprovação à ADENE. Após a aprovação por parte da ADENE estar concluída, o PREn passa a designar-se por ARCE (Acordo de Racionalização dos Consumos de Energia) [16].

A não implementação das medidas definidas no ARCE ou o não cumprimento das metas traçadas, e nos casos em que no ano seguinte ao relatório final de execução o operador não recupere os desvios, implica o pagamento de coimas, e simultaneamente a privação de subsídios ou benefícios concedidos por entidades públicas [16].

Os operadores de instalações abrangidas por um ARCE beneficiam dos incentivos seguintes, destinados à promoção da eficiência energética:

- a) No caso de consumos inferiores a 1000 tep/ano - Ressarcimento de 50% do custo das auditorias energéticas obrigatórias, até ao limite de 750€ e na medida das disponibilidades do fundo de eficiência energética existente para o efeito, recuperáveis a partir do relatório de execução e progresso (REP) que verifique o cumprimento de pelo menos 50% das medidas previstas no ARCE [16];
- b) Ressarcimento de 25% dos investimentos realizados em equipamentos e sistemas de gestão e monitorização dos consumos de energia até ao limite

de 10 000€ e na medida das disponibilidades do fundo de eficiência energética existentes para o efeito [16];

Para o caso das instalações que consumam apenas gás natural como combustível e/ou energias renováveis, os limites previstos anteriormente são majorados em 25% no caso das renováveis e 15% no gás natural [16].

Em relação ao Programa para a energia competitiva na indústria, este assenta na implementação de medidas de poupança transversais, nomeadamente a otimização de motores elétricos, produção de frio, calor e iluminação eficiente e eficiência de processos, e de medidas específicas em 12 subsectores da indústria. É referida também a importância de ações de formação e sensibilização dos gestores de energia, bem como a monitorização das medidas nos Acordos de Racionalização dos Consumos de Energia [14].

Neste trabalho específico, foram implementadas algumas medidas de eficiência energética presentes na legislação nacional vigente atualmente, embora a uma escala mais reduzida em comparação com o que os programas preveem. De realçar, ainda, que a empresa não apresentava nenhum registo de informação relativa a auditorias energéticas, por não ter sido alvo de um estudo desse tipo até ao presente, pelo que este trabalho vem nesse encontro, tentando abordar aspetos que estariam presentes numa possível auditoria energética a realizar na empresa no futuro.

1.4 Objetivo e Motivações

O principal objetivo do projeto é propor medidas de eficiência energética que conduzam a uma redução dos custos de energia elétrica necessários para a produção de um equipamento de frio, originando com isso uma poupança económica para a empresa em questão, aliada a uma diminuição das emissões de CO₂ associadas ao processo de fabrico analisado.

Importa referir, que é de esperar que os consumos elétricos obtidos não sejam demasiado elevados, já que a análise será feita para a produção de um produto e não para a produção total da empresa. De facto optou-se por estudar as operações envolvidas no fabrico do modelo em estudo, tentando-se sempre alcançar dados com um nível elevado de detalhe. Desta forma consegue-se obter informação pormenorizada em relação a um produto, e não propriamente à globalidade da empresa. De realçar também que, a empresa onde será feito o estudo não se trata de uma indústria transformadora como por exemplo uma indústria de vidro ou de papel, o que também conduz a consumos de energia significativamente baixos, no entanto o

objetivo de reduzir os custos e tornar as indústrias mais competitivas mundialmente, tem que ser visto como prioridade atualmente, e daí a motivação para este trabalho.

1.5 Contributos do Trabalho

Em termos gerais, achou-se importante para a empresa realizar um estudo energético centrado num processo de fabrico de um determinado produto, visto que não existia qualquer tipo de informação ou dados sobre esta temática, o que constituiu não só uma informação bastante útil, como também irá servir como objeto de análise na tomada de decisões no futuro, por parte da empresa.

A metodologia de trabalho ao longo das 17 semanas consistiu na recolha de dados energéticos da unidade e no seu tratamento, no estudo de soluções que não comprometessem a normalidade diária de produção, mas que pudessem trazer melhorias sob o ponto de vista energético e na quantificação dos ganhos que a empresa poderia alcançar com a implementação das soluções encontradas.

Por parte da empresa não havia sido feito nenhum estudo deste género, pelo que teve que ser recolhida a informação necessária para o desenvolvimento do trabalho, nomeadamente o levantamento pormenorizado dos tempos de operação das máquinas do processo de produção do produto escolhido e as respetivas potências.

Nas últimas semanas do estágio, foi realizada uma apresentação oral na empresa para a administração, onde se deu a conhecer a informação que foi tratada, bem como as soluções e propostas de melhoria que foram encontradas. Os dados relativos aos consumos energéticos que foram apresentados durante a sessão oral, foram validados por parte do gestor da empresa, visto estarem dentro das expectativas da empresa em relação às suas faturas mensais.

1.6 Organização da Tese

A presente tese está organizada em seis capítulos, sendo que no primeiro capítulo é feita uma introdução geral ao tema, realçando as vertentes onde se insere o estudo realizado e dando a conhecer de forma breve a legislação aplicável. São apresentados, ainda, os objetivos que estiveram presentes no desenvolvimento do trabalho, e as motivações que justificaram a realização do mesmo.

No segundo capítulo aborda-se a temática das análises energéticas, no caso das indústrias, e apresentam-se também as medidas de utilização racional de energia normalmente aplicáveis.

No terceiro capítulo é apresentada a metodologia geral do trabalho, onde é apresentado um fluxograma com as principais etapas da mesma, juntamente com uma descrição pormenorizada de cada uma das etapas.

No quarto capítulo é apresentada a descrição técnica e os resultados que foram obtidos. É feita uma breve descrição da empresa e uma descrição pormenorizada do processo fabril que foi alvo de estudo. Nesta fase é apresentado também o levantamento energético do processo de produção, onde se mencionam os principais resultados obtidos.

No quinto capítulo apresentam-se as oportunidades de melhoria que foram sugeridas após a realização do estudo, nomeadamente a operação da estufa de pintura e secagem em horário noturno e a eliminação das horas de *stand-by* na operação de corte de chapa.

No último capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho.

2 Análises Energéticas

2.1 Introdução

O país atravessa um momento complicado em termos económicos e os desafios que lhe são colocados em termos de políticas energéticas e ambientais obrigam a um grau de responsabilidade considerável no que toca à redução de índices como a intensidade energética, dependência energética do exterior, entre outros. Verifica-se também uma constante pressão ambiental centrada na redução das emissões de gases com efeito de estufa e é neste sentido que se torna importante aplicar os conceitos e medidas de consumo eficiente de energia, não só a novas instalações, mas principalmente a instalações já existentes.

Desta forma, uma ferramenta de extrema utilidade para averiguar a situação energética de uma empresa e identificar possíveis melhorias, é a prática de análises energéticas.

2.2 Análises Energéticas na Indústria

A evolução do mercado da energia é limitada por diversos fatores que são decisivos para a mudança das políticas de uma indústria. Os custos da energia elétrica não param de aumentar e isso traz implicações consideráveis nos preços dos produtos e serviços prestados. A perda de competitividade das indústrias é uma consequência grave da má gestão da energia, sendo o fator que sensibiliza grande parte das indústrias. Além disto, a pressão ambiental não pode ser deixada de parte, tendo vindo a reforçar a necessidade de utilizar eficientemente a energia. A eficiência energética está cada vez mais na ordem do dia, seja pela necessidade de cumprir requisitos ambientais como forma de aceder a sistemas de apoio, por imposições legais, ou até mesmo por questões de imagem ou pressão pública.

Posto isto, percebe-se a importância das análises ou auditorias energéticas na indústria. Através da realização de uma auditoria energética pretende realizar-se o levantamento e discussão das condições de utilização de energia, com vista à deteção de oportunidades de melhoria, através de medidas com uma viabilidade técnico-económica aliciante. A auditoria energética torna-se, assim, num instrumento fulcral que os gestores de energia possuem para proceder à contabilização dos consumos de

energia e as perdas verificadas, tendo como finalidade a redução dessas perdas, sem comprometer a produção, isto é, promover a economia de energia através do uso mais eficiente da mesma.

O consumo específico de um determinado produto relaciona a quantidade de energia consumida para produzir uma unidade daquele produto e é definido como sendo a razão entre o consumo final de energia e a quantidade de produção do produto em análise. Pretende-se que, através da eficiência energética, este indicador seja o mais reduzido possível. Abaixo está representada a fórmula de cálculo deste indicador, onde C pode ser expresso em gep- grama equivalente de petróleo/ unidade de produto, kgep- quilograma equivalente de petróleo/unidade de produto ou GJ- giga Joule/unidade de produto [17].

$$C = \frac{\text{Consumo energia final}}{\text{Unidade de produto}} \left[\frac{\text{GJ}}{\text{Produto}} \right] \quad (1)$$

Uma auditoria energética pode definir-se como uma análise detalhada das condições de utilização de energia numa instalação, permitindo não só conhecer os consumos de energia e contabilizar os mesmos, mas também interpretar dados, tomar decisões, avaliar medidas de racionalização implementadas e otimizar procedimentos.

Neste trabalho irá ser feita uma análise energética a um determinado produto, ou seja, não será propriamente uma auditoria, mas será um estudo mais centrado num determinado produto e às condições de utilização de energia para a produção do mesmo, e não às condições da instalação no geral.

As auditorias indicam igualmente medidas com viabilidade técnico-económica para combater as anomalias detetadas, de forma a reduzir os consumos energéticos necessários à sua atividade [18].

As auditorias energéticas apresentam como principais objetivos [18]:

- Caracterizar e quantificar as formas de energia utilizadas;
- Caracterizar a estrutura do consumo da energia;
- Avaliar o desempenho dos sistemas de geração, transformação e utilização da energia;
- Quantificar os consumos energéticos por sector, produto ou equipamento;
- Relacionar o consumo de energia com a produção;
- Estabelecer e quantificar potenciais medidas de racionalização;
- Especificar um plano de gestão de energia na empresa;

- Analisar técnica e economicamente as soluções encontradas;
- Propor um esquema operacional de gestão de energia na empresa.

Existem duas tipologias de auditorias energéticas possíveis de serem realizadas, as Auditorias Simples e as Auditorias Completas. Nas Auditorias Simples é utilizada informação referente aos consumos de eletricidade, água, gás e combustíveis, utilizando-se a faturação. No caso da indústria, a informação sobre os consumos é complementada com informação relativa ao processo de fabrico que engloba características do equipamento e horas de funcionamento. Este tipo de auditorias permitem comparar os consumos energéticos com os valores limite estabelecidos pela legislação em vigor. As Auditorias Completas introduzem a possibilidade de monitorizar os sistemas, sendo que tanto o número como o tipo de medições a efetuar é variável. É comum proceder-se à medição das condições da envolvente, das condições interiores e exteriores, medição desagregada do consumo por equipamentos e medição do consumo por áreas. De facto, uma auditoria simples poderá ser suficiente para se cumprir a legislação, mas em grande parte dos casos esta não é suficiente para se poder identificar a melhor solução técnico-económica. As vantagens das auditorias simples são a sua duração reduzida, o que leva à obtenção de uma resposta significativamente mais rápida, com custos moderados. Importa referir que a opção entre a realização de uma Auditoria Simples e uma Auditoria Completa deve ter em conta fatores como a dimensão do sistema em causa, nível de qualidade e precisão dos resultados que se pretende e naturalmente os custos associados a cada uma [18,19].

Qualquer Auditoria Energética deve ser conduzida através de um processo que envolve algumas tarefas a desenvolver, seguindo uma estrutura e ordem sequencial. Em termos genéricos as tarefas a desenvolver vão desde a análise detalhada dos consumos de energia e produção dos cinco anos que antecedem a Auditoria, passando posteriormente pela análise em detalhe das faturas de energia dos 12 meses antecedentes à Auditoria, pela análise física de todos os equipamentos geradores e/ou consumidores de energia, as suas condições de operação e controlo, bem como o seu tempo de funcionamento, até à fase final do estudo em que são indicados os resultados e as medidas para a redução dos consumos energéticos. A Figura 5 apresenta a estrutura típica de um relatório de uma Auditoria [18].



Figura 5 – Estrutura típica de um relatório de uma auditoria

Na realização de uma auditoria é necessário, numa fase inicial, fazer um correto planeamento do serviço de eficiência energética, destacando-se o estabelecimento dos objetivos, a escolha da equipa auditora e a atribuição das respetivas responsabilidades a cada membro.

Após o correto planeamento, os auditores devem começar por completar e corrigir toda a informação possível e de utilidade para a elaboração do relatório, fazendo medições necessárias para identificar possíveis oportunidades de economia de energia e analisando as operações ou os equipamentos de maior consumo energético. Na grande maioria dos casos, as fábricas não apresentam instrumentos de medida adequada à realização de balanços de massa e energia. Desta forma, é essencial o uso de instrumentos de medida portáteis, com o objetivo de recolher os dados necessários e de verificar a precisão de instrumentos permanentes.

Depois da intervenção no local, os auditores procedem ao tratamento da informação recolhida ao longo das duas primeiras fases, que deverá ser orientada de forma a obter-se um conjunto de indicadores e outros resultados, suscetíveis de permitir uma avaliação rigorosa do perfil energético da instalação, no que toca à utilização da energia.

A equipa nomeada para a realização da auditoria realiza, de seguida, os cálculos dos consumos específicos de energia dos principais equipamentos, por produto ou atividade, por sector produtivo e o valor global da instalação. Analogamente são também identificadas as eficiências energéticas dos equipamentos com maior

consumo energético, que deverão ser alvo de um estudo mais detalhado, e comparados com os equipamentos no mercado que apresentem bons rendimentos. O valor do consumo específico de energia deverá ser, sempre que possível, comparado com o consumo específico homólogo de referência definido para o ramo de atividade em causa, caso este seja conhecido. Importa referir, também, que é necessário analisar de forma exaustiva as principais operações ou processos da instalação em causa, com o intuito de identificar alterações que levem a um incremento da eficiência energética, sem comprometer a qualidade global. Simultaneamente é realizada uma análise técnico-económica a todas as soluções que possam ser implementadas e são quantificadas as potenciais economias de energia elétrica.

No relatório final da auditoria deve estar presente, de forma organizada, a informação obtida, a análise da situação energética da instalação em causa, as observações e medições efetuadas durante a fase de trabalho de campo, a determinação de consumos específicos de energia e a sua comparação com valores de referência, a identificação das anomalias e as medidas de conservação de energia que foram consideradas mais viáveis para anular ou diminuir os consumos energéticos, com os respetivos valores de investimento associados à sua implementação. Na Figura 6 apresenta-se as principais etapas de uma auditoria energética, que foram explicadas anteriormente [18].

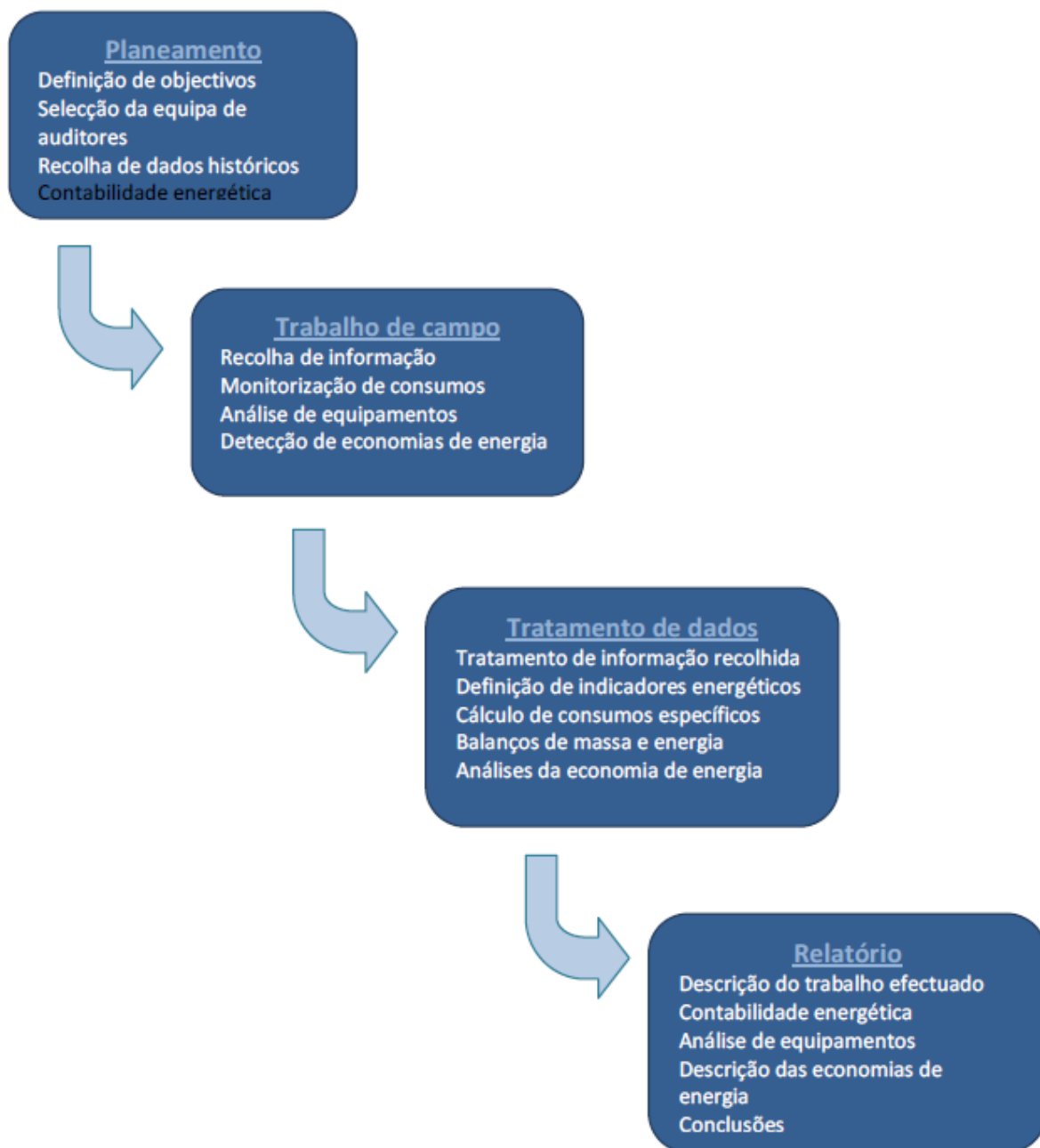


Figura 6 – Principais etapas de uma Auditoria Energética

2.3 Medidas de Utilização Racional de Energia

Tal como já foi referido anteriormente, Portugal apresenta um índice de intensidade energética superior à generalidade dos países da União Europeia. Desta forma, necessita-se de uma maior quantidade de energia para criar a mesma quantidade de riqueza que os países comunitários. A aplicação de medidas de utilização racional de energia tanto na indústria como noutros sectores de atividade, constitui uma solução que deve ser encarada no presente. A valorização das economias de energia, por via da gestão energética, conduz a benefícios para o consumidor, nomeadamente [20]:

- Aumento da eficácia do sistema energético e consequente aumento de produtividade;
- Redução da fatura energética;
- Aumento da competitividade tanto ao nível do mercado interno, como no externo;
- Conhecimento mais profundo das instalações e do custo energético de cada fase, ou processo;

Importa referir ainda que, um dos impactos mais significativos da utilização das medidas de utilização racional de energia é, para além da redução da fatura energética, a sua contribuição elevada para a mitigação das emissões de gases poluentes associados à conversão da energia [20].

As medidas de utilização racional de energia agrupam-se em duas grandes categorias, nomeadamente as Tecnologias de processo e as Tecnologias energéticas.

2.3.1 Tecnologias de Processo

São consideradas alterações ao nível do processo produtivo, de implementação mais complexa, envolvendo normalmente investimentos significativos. São medidas que, quando aplicadas, podem ser de grande utilidade para as empresas, levando a um aumento significativo de competitividade [20].

2.3.2 Tecnologias Energéticas

São medidas de implementação mais simples que necessitam de investimentos mais pequenos, e que, por isso, devem merecer atenção imediata por parte das

empresas. Seguidamente apresentam-se algumas das medidas deste tipo que normalmente são implementadas na indústria [20].

- Afinação dos parâmetros de queima dos geradores de calor;
- Isolamento térmico de superfícies quentes;
- Otimização das condições de funcionamento de equipamentos;
- Eliminação das fugas de fluídos quentes;
- Aproveitamento de combustíveis ou fontes de calor residuais;
- Substituição da queima de combustíveis por gás natural;
- Dimensionamento correto das instalações energéticas;
- Eliminação de más utilizações de ar comprimido;
- Recuperação de energia térmica em compressores de ar;
- Substituição de motores convencionais por motores de alto rendimento;
- Alteração da opção tarifária;
- Deslastre de cargas;
- Compensação do fator de potência;
- Otimização e controlo da iluminação;
- Introdução de variadores eletrónicos de velocidade;
- Melhor aproveitamento das condições de iluminação natural;
- Implementação de sistemas de gestão de energia;
- Instalação de sistemas de cogeração.

No caso específico das instalações elétricas existem quatro formas de baixar o custo da energia elétrica, nomeadamente [20]:

- Reduzir a potência de ponta, reorganizando tanto as operações como os consumos;
- Transferir consumos de horas de ponta par horas de vazio ou cheias;
- Reduzir ou anular o consumo de energia reativa pelo uso de condensadores;
- Uso de equipamentos mais eficientes.

A ligação à rede do distribuidor pode ser efetuada mediante vários níveis de tensão, no entanto a tensão de entrega a um consumidor industrial é normalmente de média tensão, sendo por isso necessária a instalação de postos de transformação para permitir o abastecimento aos centros de consumo em baixa tensão. No caso específico da FRICON, a energia elétrica passou a ser fornecida em média tensão a partir do ano de 2012, sendo que até então era fornecida em baixa tensão. Por essa razão passaram a existir dois postos de transformação para cada pólo da unidade industrial.

Tendo como objetivo tomar medidas no âmbito da utilização racional de energia, deve-se garantir os seguintes pressupostos ao estabelecer uma rede elétrica [20]:

- A extensão dos circuitos deve ser a menor possível, garantindo a minimização das perdas em linha, a redução das quedas de tensão e economias significativas em cabos;
- A repartição das cargas pelos circuitos deve ser efetuada levando em conta a sua correta utilização final;
- Distribuição equitativa pelas três fases;
- A fiabilidade do fornecimento de energia aos recetores deve ser elevada, ou seja, a ocorrência de avarias deve provocar a interrupção do serviço no menor número possível de recetores.

3 Metodologia de Trabalho

3.1 Objeto de Estudo

O projeto desenvolvido centrou-se na avaliação dos consumos elétricos ao longo do processo produtivo de um conservador horizontal para supermercados, ilustrado na Figura 7. Foram analisadas ao pormenor todas as operações que fazem parte do processo de produção em estudo e contabilizados os respetivos consumos elétricos. O modelo escolhido como objeto de estudo foi o conservador horizontal para supermercados do tipo SMR 2200 SL AD, por se tratar de um equipamento com um volume de vendas bastante considerável na empresa atualmente, fazendo por isso mais sentido aplicar o estudo a este modelo. De referir que os consumos elétricos que foram analisados dizem respeito à produção de uma unidade deste produto, e simultaneamente a esta análise, foi feita também uma relação direta às emissões de CO₂ geradas indiretamente durante o processo de produção.



Figura 7 – Conservador horizontal para supermercados [21]

3.2 Metodologia

Com vista ao cumprimento dos objetivos que foram propostos foi adotada uma metodologia geral que serviu de orientação durante o desenvolvimento do trabalho. Na Figura 8 está ilustrado o fluxograma com as principais etapas desta metodologia.

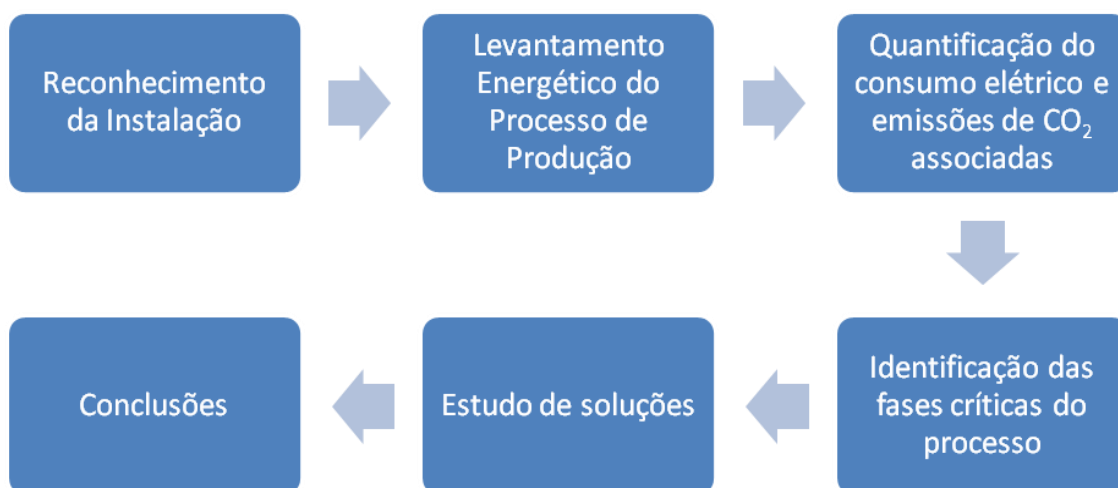


Figura 8 – Fluxograma das etapas da metodologia de trabalho

- **Reconhecimento da instalação** - Numa fase inicial foi bastante importante conhecer bem o ambiente em que se inseriu o estudo, analisando em pormenor os processos que ocorrem desde o início até ao fim do processo de produção em estudo. Através da permanência prolongada nas instalações foi possível a troca de impressões com os operários da empresa, conseguindo desta forma uma obtenção de conhecimento realista e prático dos mecanismos de produção, com o intuito de articular e projetar da melhor forma o levantamento energético do processo.
- **Levantamento energético do processo de produção** - Não existia por parte da empresa qualquer registo de consumos de energia elétrica associados ao processo de produção de conservadores horizontais para supermercados, nem tão pouco a qualquer outro tipo de produto fabricado, pelo que foi necessário fazer uma identificação exaustiva e pormenorizada dos consumos de energia elétrica durante o processo de produção do produto em estudo. Foram medidos os tempos de operação das máquinas, necessários para o fabrico de uma unidade de produção, através de uma descrição detalhada das operações existentes em cada máquina, bem como

identificadas as potências das mesmas. No final desta fase, os resultados obtidos permitiram estabelecer uma referência em termos de consumos de energia, possibilitando a identificação dos pontos críticos ao longo do processo, que devem ser alvo de melhoria no desenvolvimento da eficiência energética. O estabelecimento de uma referência energética do processo permitiu, também, quantificar quais são os proveitos económicos que podem ser alcançados no futuro, com a implementação de medidas que tenham influência nos consumos.

- **Quantificação do consumo elétrico e emissões de CO₂ associadas** - Nesta fase do projeto foi compilada a informação recolhida acerca dos consumos elétricos do processo, bem como as emissões de CO₂ associadas. Os resultados finais permitiram perceber em que etapas do processo os consumos são mais significativos para a produção de uma unidade, a fim de serem alvo de estudo para possíveis melhorias.
- **Identificação das fases críticas do processo** - A identificação das fases críticas do processo, sob o ponto de vista energético, realizou-se através da análise dos consumos de energia em cada etapa de produção do modelo em estudo. Verificaram-se os consumos que ocorrem no processo, através das potências e tempos de operação das máquinas necessárias, e estabeleceram-se representações que permitiram obter uma visão geral da distribuição energética do processo de produção.
- **Estudo de soluções** - Nesta fase estudou-se e analisou-se possíveis melhorias que poderiam ser introduzidas no processo, com o objetivo de reduzir os consumos elétricos, bem como procedeu-se à quantificação dos ganhos que daí pudessem advir, tanto em termos económicos como ambientais, nomeadamente ao nível da redução das emissões indiretas de CO₂.
- **Conclusões** - Finalmente traduziu-se os resultados obtidos num conjunto de informação articulada e bem organizada que permitisse tomar decisões quanto ao que foi proposto. Foi feita uma compilação da informação recolhida, e apresentados os ganhos que poderão surgir para a empresa consoante as medidas de eficiência energética que forem implementadas.

4 Descrição Técnica e Resultados

4.1 Descrição da Empresa

A Frigocon – Indústria de Frio e Congelação S.A, é a empresa pioneira no mercado português ao nível de frio doméstico e comercial. É uma empresa centrada e especializada no fabrico de equipamentos para supermercados, nomeadamente arcas conservadoras horizontais e verticais, armários verticais de refrigeração e conservação, conservadores de gelados, refrigeradores de bebidas e expositores horizontais e inclinados, exportando grande parte dos seus produtos para diversos países como a Polónia, Dubai, entre outros [21].

A empresa foi criada em 1976, através de Artur Martins Azevedo, iniciando a laboração em 1977. Em 1992 começou a implementação do sistema de Gestão da Qualidade conforme a norma NP FN 29002, mediante o estabelecimento de acordos com laboratórios acreditados, sendo concluída em 1994 [21].

Em 1995 foi lançada a unidade fabril brasileira – Mercofricon S.A, seguida do lançamento mundial em 1996 das arcas eutéticas, que permitem a conservação de produtos durante largos períodos de tempo, sem necessidade de recorrer a energia elétrica.

Mais tarde, em 2005 iniciou a produção da linha de equipamentos para supermercados – SMR, sendo que em 2009 começou também a produzir a linha SMR SL, que constitui a linha de produção em estudo no presente trabalho [21].

O grupo FRICON é formado por duas unidades fabris em Portugal, existentes em Vila do Conde conforme é apresentado na Figura 9, com cerca de 180 colaboradores, e uma no Brasil, com mais de 500 colaboradores, levando a empresa a estar presente em mais de 50 países nos 5 continentes [21].



Figura 9 – Vista aérea da Empresa [21]

4.2 Descrição do processo fabril

De uma forma geral o processo de produção que foi alvo de estudo pode ser descrito de acordo com duas grandes fases, nomeadamente o fabrico da matéria-prima e a linha de montagem, conforme é descrito de seguida. De salientar que na fase do fabrico de matéria-prima não existe um seguimento contínuo e encadeado das diversas etapas, sendo que todas as operações ocorrem simultaneamente.

4.2.1 Fabrico de matéria-prima

O processo de fabrico do conservador horizontal inicia-se no corte de chapa, onde se cortam as chapas com as dimensões desejadas para todos os componentes que irão ser necessários. Na Figura 10 apresenta-se a máquina utilizada para o corte de chapa.



Figura 10 – Máquina de corte de chapa

Na etapa de serralharia são fabricadas as grelhas e outros componentes necessários para o conservador horizontal, nomeadamente o condensador e o aro de ferro para o compressor, conforme se apresenta nas Figuras 11, 12 e 13.



Figura 11 – Visão geral da etapa de serralharia



Figura 12 – Fabrico do condensador



Figura 13 – Fabrico do aro de ferro para o compressor

Em relação à pintura, é necessário referir que existem dois processos de pintura distintos. Para as grelhas interiores do conservador horizontal, o processo inicia-se com o encaminhamento das peças para uma estufa a operar a 370 °C, sendo depois cada peça mergulhada num contentor de plástico em pó, por intermédio de um operador. De seguida cada peça já plastificada/pintada segue na linha e vai secando até ser recolhida posteriormente.

Para os restantes componentes, como por exemplo o condensador ou as grelhas exteriores, o processo é diferente, visto que não é necessário que a peça esteja plastificada, importando apenas que seja pintada. Neste caso o processo inicia-se por intermédio de uma correia que faz o encaminhamento das peças para o posto de

pintura. O operador procede à pintura de cada peça individualmente, através de uma pistola de pintura por magnetismo, sendo que depois de esta operação estar concluída os componentes são dirigidos para uma segunda estufa a operar a 200 °C, com o objetivo de secar e, desta forma, conferir brilho, tornando a peça acabada.



Figura 14 – Visão geral da etapa de pintura e secagem



Figura 15 – Encaminhamento das grelhas para a estufa de secagem

Em relação aos plásticos, existem três tipos distintos de processos de formação que ocorrem para cada tipo de componente que constitui o conservador horizontal, nomeadamente a injeção, extrusão e termoformação, que se apresentam nas Figuras 16,17 e 18.



Figura 16 – Máquina para processos de extrusão



Figura 17 – Máquina para processos de injeção



Figura 18 – Máquina para processos de termoformação

Na Tabela 2 apresentam-se os tipos de processo existentes para cada componente, bem como a quantidade necessária de cada componente para cada conservador horizontal.

Tabela 2 – Tipos de processamento de plásticos para cada componente

Componente	Tipo de processo	Quantidade necessária por conservador
Perfil caixa da lâmpada	Injeção	1
Puxador para tampa de correr	Injeção	2
Topo de Bumper	Injeção	4
Bumper	Extrusão	2
Pé nivelador	Injeção	4
Tampas de esgoto	Injeção	2
Esgoto (tubo)	Injeção	1
Pipa	Injeção	1
Suporte de plástico da prateleira	Injeção	8
Suporte da divisória	Injeção	10
Suporte da Sonda	Injeção	1
Perfil Traseiro	Extrusão	1
Perfil Frontal	Extrusão	1
Difusor da caixa da lâmpada	Injeção	1
Tampa da caixa da lâmpada	Injeção	2
Batente da tampa	Injeção	2
Topo Direito	Injeção	1
Topo Esquerdo	Injeção	1
Painel de Comandos	Termoformação	1
Aparadeira de Água	Termoformação	1

Tal como apresentado na Tabela 2, o processo de fabrico de plásticos que é maioritariamente usado para este tipo de conservador horizontal é a injeção, visto que na secção de termoformação apenas se fabricam dois componentes necessários para o modelo em estudo, nomeadamente o painel de comandos e a aparadeira de água, e por extrusão apenas se fabrica o perfil traseiro, perfil frontal e o bumper. Todos os outros componentes de plástico que são necessários são fabricados por processos de injeção.

Depois da fase de produção de matéria-prima estar concluída segue-se a fase de montagem, que ocorre no segundo polo da fábrica, onde os componentes necessários são encaminhados para a linha de montagem e é feita a montagem final do conservador.

4.2.2 Linha de montagem

Na linha de montagem o processo começa na punçunadora, passando antes pela área de projeto para execução de Programas CNC (Comandos Numéricos Computorizados). Na punçunadora as placas de chapa são furadas em diversos sítios para futuramente poder-se fazer o aplique dos acessórios. Na Figura 19 ilustra-se a máquina de punção utilizada para o processo de fabrico.



Figura 19 – Punçunadora utilizada no processo de fabrico

Após este processo estar finalizado, segue-se então a fase de quinagem de cada peça conforme é apresentado na Figura 20 e respetiva montagem de cada elemento até o tanque exterior e interior estarem prontos, conforme ilustrado na Figura

21.



Figura 20 – Processo de quinagem



Figura 21 – Montagem do tanque interior

Nesta fase obtém-se o tanque interior pronto para o enrolamento do tubo de refrigeração. É então iniciado o processo de enrolamento do tubo, sendo que antes do início do processo é necessário fazer a calibração da máquina. Em simultâneo da colocação do tubo, é colada uma fita de alumínio para melhor rendimento na refrigeração. Este procedimento está ilustrado na Figura 22.



Figura 22 – Processo de enrolamento do tubo de cobre

Após o procedimento de enrolamento do tubo, seguem-se as operações de soldadura dos acessórios em cobre no respetivo tubo e de seguida o conservador é deslocado para a etapa de isolamento, onde são isolados os aros, emendas e cantos para se evitar perdas de poliuretano. É também feita uma separação dos elementos que irão aquecer, à passagem do gás, do corpo interior do conservador horizontal, com esferovite, para assim evitar a criação de gelo.

Os tanques, interno e externo, estão agora prontos para montagem e para o enchimento. Na fase de enchimento, coloca-se o conservador dentro do molde e ajusta-se o molde. A espessura existente para o enchimento é de 75 mm, entre o tanque interior e o tanque exterior. De seguida procede-se ao enchimento do conservador com poliuretano conforme se ilustra na Figura 23.



Figura 23 – Processo de enchimento com poliuretano

Depois de cheio, o conservador prossegue na linha, sendo que a primeira etapa a fazer após o enchimento é colocar os rodapés, o reforço frontal e a estrutura da base.

De seguida, abre-se as laterais, com a ajuda de uma escora, para colocação do vidro e respetivo perfil extrudido. Após a colocação do vidro e do perfil, volta-se a fechar as laterais, colocando-se o perfil deslizante, das portas, em alumínio.

O passo seguinte é a colocação das portas em vidro, deslizantes ou de abrir, conforme o cliente efetuar o pedido.

Seguidamente introduz-se a base, com os componentes, para assim, serem soldados os tubos em cobre, em falta, para o fecho do circuito antes da carga de gás.

Na Figura 24 ilustra-se a linha de montagem das bases dos componentes deste modelo.



Figura 24 – Montagem da base com os componentes necessários

De seguida é então carregado o gás, e o produto entra em fase de teste de fim de linha, sendo ligado à corrente, para detetar eventuais defeitos de fabrico conforme é apresentado na Figura 25. É também feita uma inspeção às luzes e são colocados os controladores.



Figura 25 – Teste de fim de linha

Finalmente, o produto é limpo e coloca-se as grelhas no interior, sendo depois embalado e colocado em paletes. Posteriormente é encaminhado para a zona de embalamento, conforme se ilustra na Figura 26.



Figura 26 – Zona de embalamento

4.3 Levantamento energético do processo de produção

A metodologia de análise efetuada aos consumos elétricos do processo de produção do conservador em estudo centrou-se em cinco principais áreas de produção, nomeadamente a chaparia, serralharia, pintura e secagem, plásticos e linha

de montagem. Os consumos elétricos medidos em cada uma destas cinco áreas principais de produção dizem respeito ao fabrico de uma unidade de produto, tal como já foi referido. Importa realçar que o fator de emissão de CO₂ utilizado para relacionar os consumos elétricos com as emissões indiretas geradas, foi de 229 g CO₂/kWh, referente ao ano de 2012 em Portugal, segundo os dados publicados pela EDP. Este fator contempla as emissões indiretas de CO₂ que são geradas através da utilização da energia elétrica, tendo em conta a matriz energética portuguesa.

Na secção de chaparia, os consumos elétricos ocorrem na máquina de corte de chapa, na punçunadora e nas quinadeiras. Os resultados obtidos, em termos de consumos elétricos e de emissões associadas nesta fase, apresentam-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Principais resultados na secção de Chaparia

	Consumo em kWh/unidade	kg CO₂
Corte de chapa	4,8	1,1
Punçunadora	6,4	1,5
Quinadeiras	0,8	0,2
Total	11,9	2,7

Analisando a tabela verifica-se que os consumos são mais significativos nas operações que envolvem o corte de chapa e também na furagem das chapas na punçunadora, ao passo que os consumos existentes nas quinadeiras são relativamente baixos. Na Figura 27 apresentam-se os consumos expressos em percentagem, conseguindo-se assim comparar de uma forma mais clara os resultados obtidos.

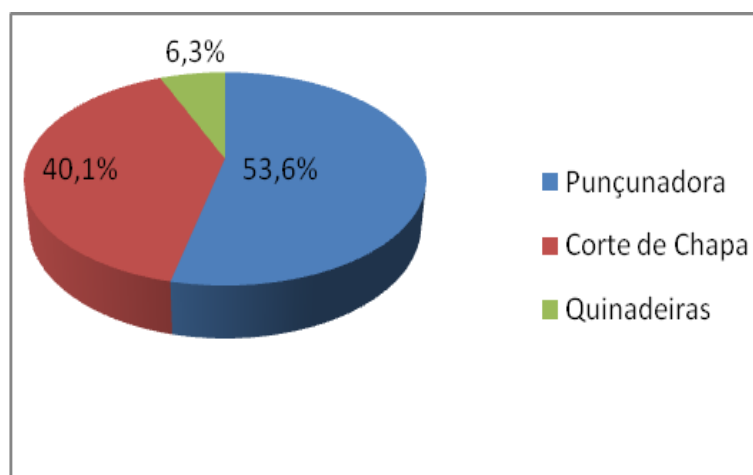


Figura 27 – Consumos na secção de Chaparia

Na serralharia foram analisadas as operações de construção do aro para o compressor, a construção do condensador e a construção das grelhas necessárias para o conservador. Para cada uma destas fases foram analisadas as operações existentes na unidade industrial e foram contabilizados os respetivos consumos. Os resultados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Principais resultados na secção de Serralharia

	Consumo em kWh/unidade	kg CO ₂
Construção do aro	0,2	0,05
Construção do condensador	0,1	0,03
Construção das grelhas	11,2	2,6
Total	11,5	2,6

Na serralharia verificou-se que o fabrico das grelhas constitui o principal consumo a ter em conta, visto que tanto a construção do aro para o compressor como a construção do condensador apresentaram valores bastante baixos. Apresenta-se de seguida os valores expressos em percentagem.

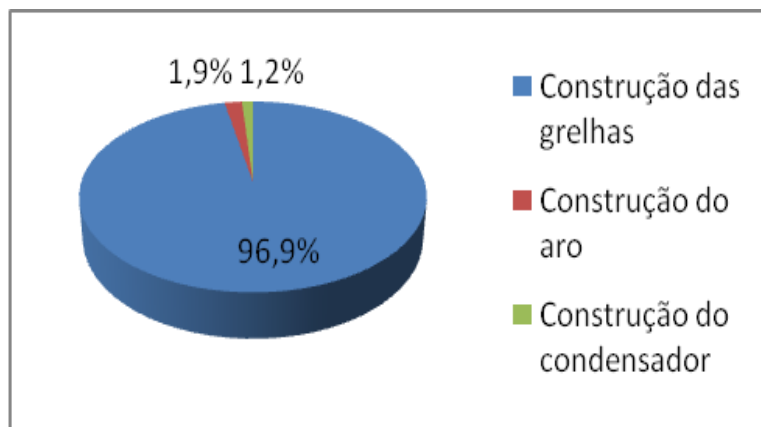


Figura 28 – Consumos na secção de Serralharia

A operação de pintura engloba a pintura de diversos componentes, nomeadamente as grelhas interiores, grelhas exteriores, condensador, aro para o compressor e caixa de condensador. Importa realçar que os consumos obtidos nesta secção dizem respeito não só às operações de pintura necessárias para cada componente, mas também aos tempos de operação dos motores de aquecimento das estufas necessários para a correta secagem das peças, bem como consumos associados à ventilação, exaustão e ao funcionamento das correias transportadoras.

Os principais resultados obtidos na secção de pintura e secagem estão representados na tabela seguinte.

Tabela 5 – Principais resultados na secção de Pintura e Secagem

	Consumo em kWh/unidade	kg CO ₂
Pintura e secagem	10,6	2,4

Esta secção apresenta consumos elétricos associados a diversos motores para aquecimento das estufas de pintura, em simultâneo com motores para ventilação, exaustão e também para as correias transportadoras, o que leva a perceber que podem existir algumas oportunidades de melhoria nesta fase.

Como já foi referido anteriormente, ocorrem três tipos diferentes de processos de fabrico dos plásticos, nomeadamente a injeção, extrusão e termoformagem. Os

consumos obtidos em cada um dos diferentes tipos de processos estão representados na Tabela 6.

Tabela 6 – Principais resultados na secção de Plásticos

	Consumo em kWh/unidade	kg CO ₂
Injeção	3,0	0,7
Extrusão	1,1	0,3
Termoformagem	8,4	1,9
Total	12,6	2,9

Importa realçar que esta secção foi a que apresentou maiores consumos elétricos para a produção do modelo em estudo, embora os consumos estejam próximos de secções como a chaparia ou a serralharia. De facto, observa-se que o tipo de processo de plásticos que apresenta maiores gastos energéticos é a termoformação, apesar de só serem fabricados dois componentes para o conservador através deste método, nomeadamente o painel de comandos e a aparadeira de água, ao passo que todos os outros componentes são fabricados por processos de injeção e extrusão. Na Figura 29 ilustra-se de forma mais clara os resultados obtidos.

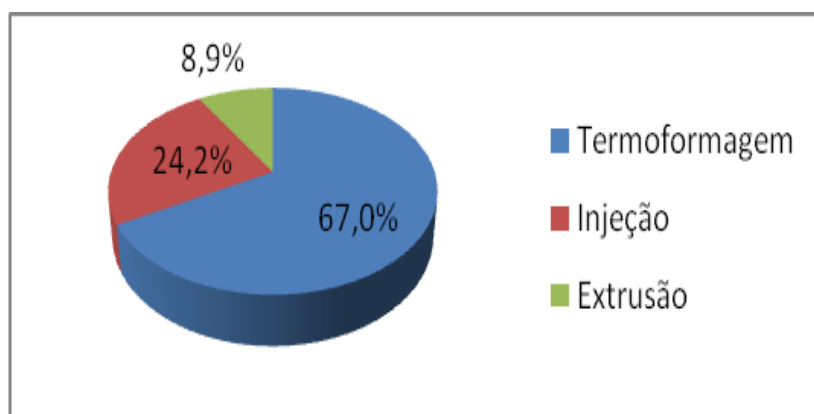


Figura 29 – Consumos na secção de Plásticos

Por último, importa também contabilizar outros consumos energéticos, existentes maioritariamente na linha de montagem. Nesta secção foram registados os consumos referentes às operações de enrolamento do tubo de cobre para o evaporador, o

enchimento do conservador com o isolamento, constituído essencialmente por Polyol (68,2% a 20,9°C) e Isocianato (73,1% a 22,3°C) e a operação de teste de fim de linha. Os resultados obtidos estão representados na Tabela 7.

Tabela 7 – Principais resultados da linha de montagem

	Consumo em kWh/unidade	kg CO ₂
Teste de fim de linha	0,9	0,2
Enchimento	0,8	0,2
Enrolamento do tubo de cobre	0,3	0,1
Total	2,0	0,5

Na linha de montagem os consumos por unidade de produção são relativamente baixos para as operações de teste de fim de linha, enchimento e de enrolamento do tubo de cobre, como se verifica na tabela acima. Importa referir, no entanto, que por exemplo na fase de enchimento do conservador com o isolamento, os consumos apresentam-se baixos para uma unidade de produção, visto ser necessário apenas um curto espaço de tempo para este estar completamente cheio, o que se traduz num consumo energético baixo. No entanto a operação de enchimento pode significar um alto consumo energético para a empresa, o que não pode ser verificado através desta análise particular. Na Figura 30 apresentam-se os resultados obtidos, expressos em percentagens.

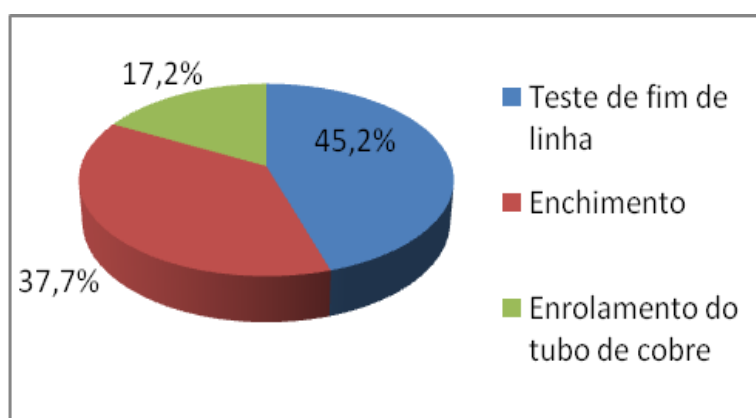


Figura 30 – Consumos na Linha de Montagem

Agora que foram apresentados os consumos agrupados em cada secção, torna-se importante compará-los também por cada secção e individualmente. Na Tabela 8 apresentam-se os consumos obtidos para cada fase do processo de fabrico, bem como a respetiva emissão de CO₂, ao passo que na Tabela 9 estão representados os valores agrupados por cada secção.

Tabela 8 – Consumos das operações e respetivas emissões de CO₂ associadas

	Consumo em kWh/unidade	kg CO₂	%
Corte de chapa	4,8	1,1	9,8%
Punçunadora	6,4	1,5	13,1%
Quinadeiras	0,8	0,2	1,5%
Construção do aro	0,2	0,05	0,4%
Construção do condensador	0,1	0,03	0,3%
Construção das grelhas	11,2	2,6	23,0%
Pintura e secagem	10,6	2,4	21,8%
Injeção	3,0	0,7	6,2%
Extrusão	1,1	0,3	2,3%
Termoformagem	8,4	1,9	17,3%
Enrolamento do tubo de cobre	0,3	0,1	0,7%
Enchimento	0,8	0,2	1,6%
Teste de fim de linha	0,9	0,2	1,9%
Total	48,6	11,1	100%

Da análise da Tabela 8 verifica-se que a operação de construção das grelhas é aquela que mais consumos elétricos acarreta, e consequentemente é a operação que tem associada a si o maior número de emissões indiretas. Esta operação envolve operações secundárias com consumos elétricos médios, como por exemplo, o corte e soldagem de arame, o que explica o valor final de 11,2 kWh por unidade de produção. Por outro lado, a operação que conduz a consumos elétricos mais baixos é a

construção do condensador, representando cerca de 0,3% do total dos consumos elétricos envolvidos na produção de uma unidade do conservador em estudo.

Tabela 9 – Consumos obtidos por secção e respetiva emissão de CO₂ associada

	Consumo em kWh/unidade	kg CO ₂	%
Chaparia	11,9	2,7	24,5%
Serralharia	11,5	2,6	23,7%
Pintura e secagem	10,6	2,4	21,8%
Plásticos	12,5	2,9	25,8%
Linha de montagem	2,0	0,5	4,1%
Total	48,6	11,1	100%

De uma forma geral verifica-se que os consumos para a produção deste modelo são superiores na secção de plásticos, embora a diferença para as secções de chaparia, serralharia ou pintura e secagem não sejam muito significativas, o que conduz inevitavelmente a uma respetiva emissão de CO₂ um pouco superior nesta etapa. Na linha de montagem, as operações envolvidas praticamente não acarretam consumos elétricos em comparação a todas as outras etapas, verificando-se valores bastante reduzidos. O valor final de consumo elétrico para a produção de uma unidade foi de aproximadamente 49 kWh, sendo que a emissão final de CO₂ associada foi de 11 kg. Na Figura 31 representa-se a distribuição final dos consumos em percentagens para cada secção e na Figura 32 apresenta-se um esquema das várias secções do processo fabril, com os respetivos indicadores retirados de cada etapa, neste caso o consumo elétrico e a respetiva emissão de CO₂ associada.

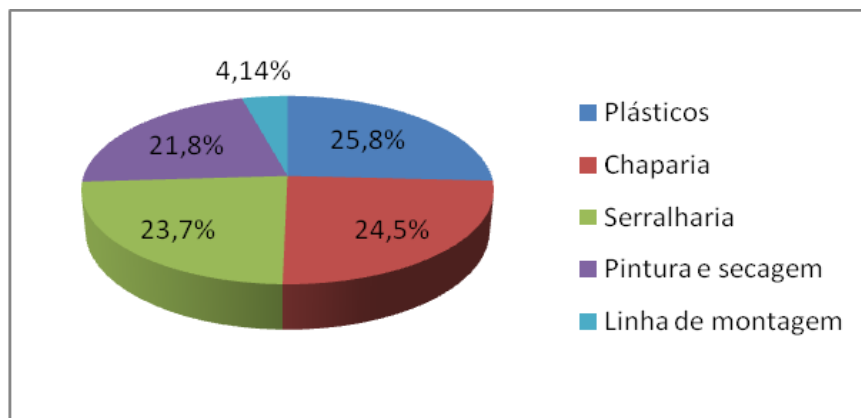


Figura 31 – Distribuição de consumos por secção de fabrico

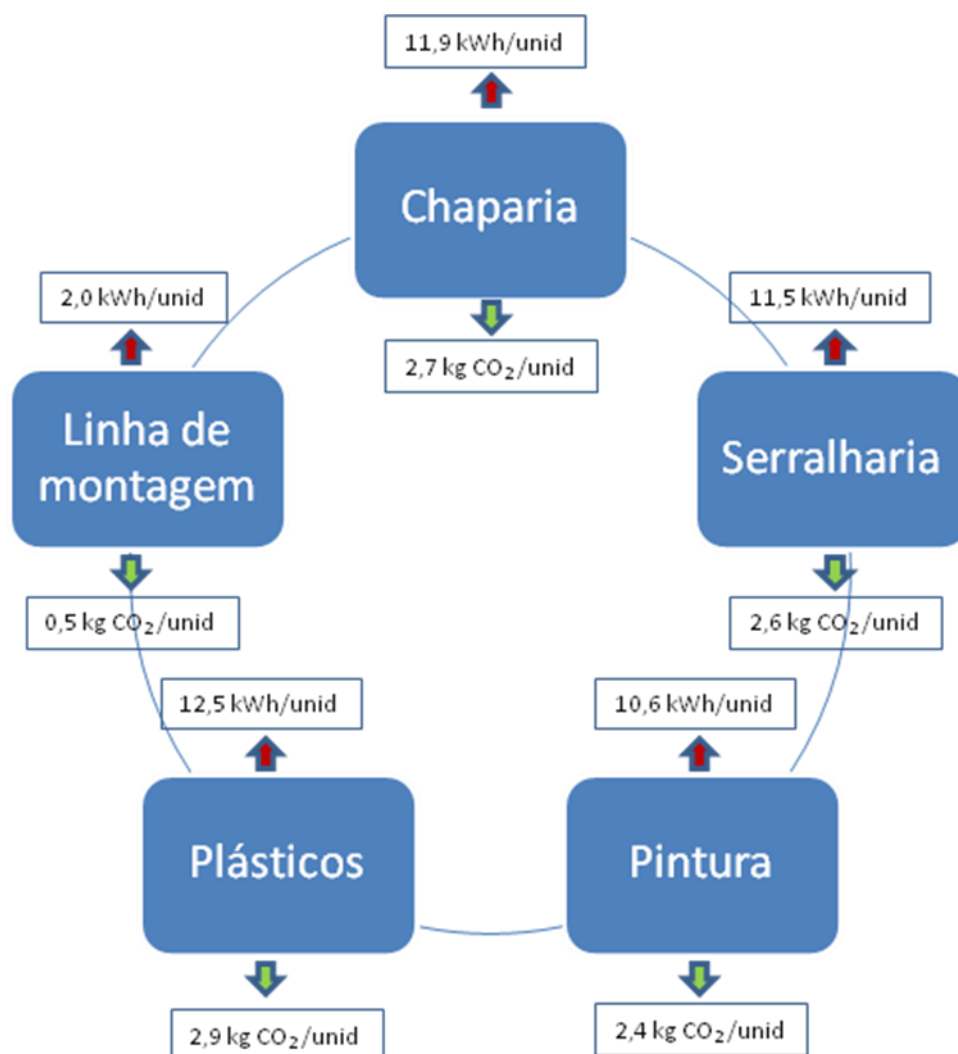


Figura 32 – Esquema geral do processo e principais indicadores

5 Oportunidades de Melhoria

Após o levantamento energético do processo de produção do conservador estar concluído, torna-se necessário identificar possíveis melhorias que possam ser introduzidas de forma a melhorar a eficiência global. Para isso foram calculados os custos mensais e anuais de energia elétrica que a empresa gasta para a produção deste modelo. As tarifas praticadas pela empresa de fornecimento de energia elétrica estão representadas na Tabela 10, para os respectivos períodos do dia.

Tabela 10 – Tarifas diárias de energia elétrica

	€/kWh	
Super Vazio	0,0758	(2h-6h)
Vazio normal	0,0667	(22h-2h) / (6h-8h)
Cheias	0,0975	(8h-9h30) / (11h30-19h) / (21h-22h)
Ponta	0,1034	(9h30-11h30) / (19h-21h)

A empresa tem o período de laboração das 8 h às 17 h, pelo que a tarifa ponderada para esse período será obtida conforme se apresenta de seguida:

$$\left(0,0975 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 6h + 0,1034 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 2h\right) / 8h = 0,099 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \quad (2)$$

Após o cálculo da tarifa aplicável consideraram-se também outros pressupostos para a operação das estimativas de custos. Os pressupostos utilizados encontram-se na Tabela 11.

Tabela 11 – Pressupostos utilizados para a estimativa de custos

Produção diária de conservadores SMR 2200 SL AD	50
Nº de dias de trabalho por mês	22
Nº de dias de trabalho por ano	229
Nº de horas de trabalho por dia	8
Tarifa ponderada em horário normal (€/kW)	0,099

5.1 Operação da estufa de pintura e secagem em horário noturno

Estudou-se a possibilidade de passar a operar a estufa de pintura e secagem em horário noturno, visto que esta secção representa cerca de 22% do total de consumos elétricos analisados, permitindo assim obter uma tarifa de energia elétrica mais económica para a empresa, sem recorrer a qualquer tipo de investimento. Desta forma, analisaram-se os consumos elétricos presentes na secção de pintura e secagem para a produção de uma unidade de produto e contabilizou-se os custos mensais e anuais que a empresa estaria a praticar para o caso atual (Tabela 12), admitindo os pressupostos anteriormente mencionados na Tabela 11.

Tabela 12 – Custos de energia elétrica para o caso atual

Caso atual (8h-17h)	
Consumo elétrico por conservador (kWh)	10,6
Consumo diário (kWh)	531
Consumo mensal (kWh)	11680
Tarifa atual (€/kWh)	0,099
Custo mensal (€)	1156
Custo anual (€)	12034

Após a estimativa de custos elétricos mensais e anuais atualmente existentes na empresa para a produção deste modelo, foram estabelecidos dois cenários distintos onde se variou o período de laboração da secção de pintura e secagem. Alterando o período de laboração, a tarifa aplicável irá ser diferente e terá de ser ponderada de acordo com a Tabela 10.

Para um período de laboração das 0h às 8h obtém-se:

$$\left(0,0758 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 4h + 0,0667 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 4h\right) / 8h = 0,071 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \quad (3)$$

Do mesmo modo, para o período das 17h às 2h obtém-se:

$$\left(0,0975 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 2,5h + 0,1034 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 1,5h + 0,0667 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 4h\right) / 8h = 0,083 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \quad (4)$$

Depois da obtenção das tarifas aplicáveis em cada cenário estabelecido, calcularam-se os respetivos custos e as poupanças obtidas, conforme se apresenta nas tabelas seguintes.

Tabela 13 – Custos de energia elétrica para o cenário 1

Cenário 1 (0h-8h)	
Nova tarifa (€/kWh)	0,071
Custo mensal (€)	832
Custo anual (€)	8663
Poupança mensal (€)	324
Poupança anual (€)	3371
Poupança em relação ao caso atual	28%

Tabela 14 – Custos de energia elétrica para o cenário 2

Cenário 2 (17h-2h)	
Nova tarifa (€/kWh)	0,083
Custo mensal (€)	972
Custo anual (€)	10116
Poupança mensal (€)	184
Poupança anual (€)	1917
Poupança em relação ao caso atual	16%

Analisando os dois cenários, verifica-se que no primeiro caso os resultados são mais satisfatórios apresentando uma poupança anual em relação ao caso atual de cerca de 3371 €, o que representa aproximadamente 28% de redução de custos nesta secção, sem qualquer tipo de alteração física no processo de fabrico. No entanto, no segundo cenário também se verificam poupanças em relação ao caso atual, embora

sejam mais reduzidas. A poupança anual neste caso seria de 1917 €, representando assim 16% de redução de custos. Importa referir que para o estudo de viabilidade da implementação desta alteração do horário de funcionamento da estufa de pintura e secagem, não foram contabilizados outros encargos para a empresa que poderiam surgir, nomeadamente custos adicionais com operadores devido ao facto de passarem a laborar em período noturno.

5.2 Eliminação das horas de *stand-by* no corte de chapa

Na operação de corte de chapa verificou-se que os tempos diários de operação da máquina em corte eram aproximadamente iguais aos tempos de *stand-by*, ou seja a máquina de corte estaria demasiado tempo a trabalhar, sem na realidade estar a produzir, o que origina consumos de energia elétrica desnecessários.

Posto isto, decidiu-se avaliar o efeito da eliminação das horas de *stand-by* na operação de corte de chapa para se conseguir quantificar os proveitos económicos para a empresa. Desta forma, temos:

Tabela 15 – Dados relativos ao corte de chapa

Horas a cortar	4
Horas em <i>stand-by</i>	4
Potência debitada a cortar (kW)	10
Potência debitada em <i>stand-by</i> (kW)	2,35

$$\text{Consumo diário atual (kWh)} = 4h \times 10 \text{ kW} + 4h \times 2,35 \text{ kW} = 49,4 \quad (5)$$

$$\text{Consumo diário esperado (kWh)} = 4h \times 10 \text{ kW} = 40 \quad (6)$$

Aplicando-se os pressupostos presentes na Tabela 11, neste caso, o número de dias de trabalho por mês, o número de dias de trabalho por ano e a tarifa ponderada em horário normal, obtém-se para o caso atual:

$$\text{Custo mensal atual (€)} = \text{Consumo diário atual (kWh)} \times 22 \frac{\text{dias}}{\text{mês}} \times 0,099 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 108 \quad (7)$$

$$\text{Custo anual atual (€)} = \text{Consumo diário atual (kWh)} \times 229 \frac{\text{dias}}{\text{ano}} \times 0,099 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 1120 \quad (8)$$

Da mesma forma, calcularam-se agora os custos mensais e anuais, mas utilizando o consumo diário esperado, ou seja eliminando os consumos associados aos tempos de operação da máquina em *stand-by*. Assim tem-se:

$$\text{Custo mensal esperado (€)} = \text{Consumo diário esperado (kWh)} \times 22 \frac{\text{dias}}{\text{mês}} \times 0,099 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 87 \quad (9)$$

$$\text{Custo anual esperado (€)} = \text{Consumo diário esperado (kWh)} \times 229 \frac{\text{dias}}{\text{ano}} \times 0,099 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 907 \quad (10)$$

Os resultados obtidos e as reduções de custos verificadas apresentam-se na Tabela 16.

Tabela 16 – Custos associados ao corte de chapa

Custo mensal atual (€)	108
Custo anual atual (€)	1120
Custo mensal esperado (€)	87
Custo anual esperado (€)	907
Poupança mensal (€)	20
Poupança anual (€)	213
Percentagem de redução de custos	19%

Analisando os resultados obtidos, verifica-se que com a eliminação das horas de *stand-by* associadas à máquina de corte de chapa, passando a desligá-la nesses mesmos períodos, obtém-se uma percentagem de redução de custos de cerca de 19%. Isto corresponderia, em termos práticos, a funcionar com a máquina apenas durante uma parte do dia, ou da parte da manhã ou da parte da tarde. De facto, detetou-se que ao longo do período em que o estudo foi feito, a empresa apresentou volumes de vendas não muito elevados, pelo que a operação de corte de chapa acompanhou esta tendência, originando consequentemente períodos de

funcionamento da máquina em *stand-by* consideráveis, e daí a opção por estudar esta hipótese.

6 Conclusões

O projeto desenvolvido na FRICON consistiu no levantamento dos consumos de energia elétrica de todas as operações que fazem parte do processo de produção do modelo do equipamento de frio que foi escolhido. De uma forma geral, verificou-se que os consumos de energia elétrica para a produção de uma unidade de produto são relativamente baixos, como seria de esperar, sendo que o valor final foi de cerca de 49kWh por unidade produzida.

Em termos genéricos verificou-se que a secção de plásticos é aquela onde os consumos elétricos são mais significativos representando cerca de 26% do total consumido, embora as secções de chaparia, serralharia, pintura e secagem, também apresentem valores próximos, 25%, 24%, 22% respetivamente. Naturalmente, as emissões indiretas de CO₂ associadas são também bastante idênticas nestas etapas, sendo que o valor final de emissão de CO₂ associado aos consumos foi de aproximadamente 11 quilogramas por unidade de produção. Verificou-se também, que na linha de montagem ocorre o maior número de operações do processo fabril, no entanto são operações que acarretam consumos elétricos bastante baixos em comparação com todas as outras etapas, o que conduz a uma percentagem total de consumos nesta etapa de cerca de 4%.

Da análise detalhada a cada operação envolvida no processo de produção, pode-se concluir que a construção das grelhas na serralharia é a operação individual que mais consumos elétricos apresenta, representando cerca de 11 kWh do valor total de consumo por unidade produzida. Por outro lado a construção do condensador representa apenas 0,3 % do total dos consumos elétricos envolvidos na produção do modelo, constituindo assim a operação que menos consumos elétricos acarreta.

Foram estudadas, também, oportunidades de melhoria no processo, que permitissem obter poupanças em termos de consumos elétricos. Analisou-se a operação da estufa de pintura e secagem em horário noturno e a eliminação das horas de *stand-by* na operação de corte de chapa. Em relação à operação da estufa de pintura e secagem em horário noturno verificou-se que para o melhor cenário, com período de laboração das 0h às 8h, a poupança em relação ao caso atual seria de cerca de 28%, permitindo uma redução de aproximadamente 3370 € por ano, o que é bastante aceitável, visto ser uma medida sem qualquer tipo de investimento por parte

da empresa. Esta proposta de melhoria foi apresentada à empresa sendo que a sua implementação irá ser estudada no futuro. No caso da eliminação das horas de *stand-by* na operação de corte de chapa, achou-se pertinente estudar o efeito desta redução de horas de funcionamento visto que os tempos de operação da máquina em *stand-by* eram consideráveis, o que conduzia a consumos de energia elétrica desnecessários. Verificou-se que com a eliminação destas horas de funcionamento, passando a desligar a máquina durante esses períodos, obteve-se uma percentagem de redução de custos na ordem dos 19%, o que corresponde a uma poupança de cerca de 213 € por ano, apenas nesta máquina.

Na generalidade, os objetivos propostos foram atingidos, conseguindo-se realizar o estudo energético ao nível do processo de produção do produto escolhido, tendo sido contabilizados todos os consumos elétricos das operações existentes. De realçar que, com este estudo, a empresa passou a conhecer todos os consumos elétricos inerentes ao processo de produção do modelo escolhido, visto que até agora não havia qualquer informação com semelhante nível de detalhe.

Relativamente a propostas de trabalho futuro, importa referir que o estudo feito ao equipamento de frio selecionado, pode ser extrapolado a outros produtos, aplicando a mesma metodologia, permitindo à empresa alargar os conhecimentos acerca dos consumos elétricos praticados para a produção dos seus equipamentos. De facto, com a realização deste tipo de estudos energéticos aplicados a outros modelos, a empresa passa a ter informação que irá permitir decidir no futuro, sob o ponto de vista da redução dos consumos elétricos, quais os modelos produzidos que se apresentam mais vantajosos, oferecendo a possibilidade de opção de produção de determinados modelos, em detrimento de outros.

Tanto o estudo energético realizado como as propostas de melhoria que foram apresentadas, constituem um forte material de apoio na tomada de decisões da empresa ao nível da eficiência energética no futuro, o que é bastante compensatório.

7 Referências

- [1] Planeta Sustentável, *O mundo movido a petróleo*, consultado em 6 de Março de 2013, a partir de http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/energia/conteudo_394303.shtml;
- [2] Malheiro, S., *Aumento da Eficiência Energética na Indústria - Um Imperativo para o Futuro*, Abril de 2011;
- [3] Comité Brasileiro do Conselho Mundial de Energia., *Eficiência Energética - Uma Análise Mundial*, 2004;
- [4] EUROSTAT, consultado em 5 de Março de 2013 a partir de <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>;
- [5] Economia Portuguesa e Europeia, *A dependência Energética de Portugal*, consultado em 6 de Março de 2013, a partir de <http://ecportuguesaeeuropeia.blogspot.pt/2012/05/dependencia-energetica-de-portugal.html>;
- [6] Galp Energia, *Energias Renováveis*, consultado em 5 de Março de 2013, a partir de <http://www.galpennergia.com/PT/agalpennergia/os-nossos-negocios/Gas-Power/Power/Renovaveis/Paginas/Energias-Renovaveis.aspx>;
- [7] Gaspar, C., *Eficiência Energética na Indústria*, ADENE, Gaia, 2004;
- [8] Agência Portuguesa do Ambiente, consultado em 7 de Março de 2013, a partir de <http://www.apambiente.pt>;
- [9] Associação Nacional dos Municípios Portugueses, consultado em 7 de Março de 2013, a partir de <http://www.anmp.pt>;
- [10] Direção Geral de Energia e Geologia, consultado em 7 de Março de 2013, a partir de <http://www.dgeg.pt/>;
- [11] BCSD Portugal, *Manual de boas práticas de Eficiência Energética*, Lisboa, 2005;
- [12] ADENE, Agência Para a Energia, consultado em 9 de Março de 2013, a partir de <http://www.adene.pt>;
- [13] Enerdura, Agência Regional de Energia da Alta Estremadura, Plano Nacional de Ação Para a Eficiência Energética, consultado em 6 de Março de 2013, a partir de <http://www.enerdura.pt/index.php/29-destaques/174-plano-nacional-de-accao-para-a-eficiencia-energetica-pnaee>;

- [14] Nunes, C., *Uma Melhor Eficiência Energética na Indústria Portuguesa*, Abril, 2009;
- [15] ADENE, Portugal Eficiência 2015 – Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética, Fevereiro de 2008;
- [16] Diário da República, Decreto-Lei nº 71/2008., Abril, 2008;
- [17] Borges A., *Gestão de Energia*, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2008;
- [18] Correia D., Cabral J., Damas J., Soares J., *Auditorias Energéticas*, FEUP, 2002/2003;
- [19] Auditorias Energéticas, consultado em 20 de Março de 2013, a partir de http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/prodenerg/auditorias_energ1.htm;
- [20] Gaspar, C., *Eficiência Energética na Indústria*, ADENE, Gaia, 2004;
- [21] FRICON, consultado em 3 de Abril de 2013, a partir de <http://www.fricon.pt/>;